



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**SAMOPOJÍZDNÉ PRACOVNÍ PLOŠINY
KLOUBOVÉ**

SELF PROPELLING ARTICULATED BOOM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Horváth

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Tomáš Horváth**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Samopojízdné pracovní plošiny kloubové

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Předmětem této práce je provedení kritické studie samopojízdných pracovních kloubových plošin od hlavních světových výrobců. Na základě získaných poznatků provedení konstrukčního návrhu pracovního koše s přípojnou částí výložníku.

Nosnost koše 350 kg.

Cíle bakalářské práce:

Kritická rešerše současných koncepčních řešení samopojízdných pracovních kloubových plošin.

Kategorizace dle hlavních technických a rozměrových řešení včetně poměrných parametrů.

Stanovení vývojové tendence v konstrukčních řešeních.

Konstrukční návrh pracovního koše.

Funkční a pevnostní výpočty nosné konstrukce koše s připojeným koncem výložníku.

Pevnostní kontrola a další výpočty hlavních komponent.

Celková sestava pracovního koše.

Seznam literatury:

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

ŠKOPÁN, Miroslav. Hydraulické pohony strojů. Vysoké učení technické v Brně, 2009. [cit. 1. 11. 2016].
Dostupné z <https://www.vutbr.cz/studis/student.phtml>.

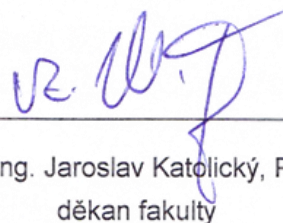
Nařízení vlády 176/2008 Sb. Nařízení vlády o technických požadavcích na strojní zařízení

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 13. 10. 2016



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce obsahuje rozdělení pracovních plošin, rozbor konstrukčních prvků kloubových pracovních plošin, kritickou rešerši současných konstrukčních řešení těchto plošin, konstrukční návrh pracovního koše s nosností 350 kg, funkční a pevnostní výpočty nosné konstrukce, návrh přímočarého hydromotoru a výkresovou dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

kloubová montážní plošina, samopojízdná pracovní plošina, pracovní koš, konstrukce pracovního koše

ABSTRACT

This bachelor thesis contains the division of working platforms, analysis of structural elements of articulated work platforms, critical research of current design solutions of these platforms, design of a working basket with a load capacity of 350 kg, functional and strength calculations of load bearing structure, design of a linear hydraulic motor and drawing documentation.

KEYWORDS

articulated platform, self-propelled work platform, working bin, workbasket construction



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HORVÁTH, T. *Samopojízdné pracovní plošiny kloubové*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 54 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2017

.....

Tomáš Horváth



PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří především vedoucímu této bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za odborné rady ohledně problematiky této bakalářské práce, poskytnutí podkladů a zdrojů, vstřícnost, užitečné připomínky a hlavně ochotu.



OBSAH

Úvod	10
1 Zdvihadla	11
2 Pracovní plošiny	11
2.1 Termíny a definice	12
2.2 Pracovní diagram kloubové plošiny	17
3 Rozdělení pracovních plošin	18
3.1 Nůžkové pracovní plošiny samopojízné	18
3.2 Kloubové pracovní plošiny samopojízné	19
3.3 Teleskopické pracovní plošiny samopojízné	19
3.4 Kloubové pracovní plošiny přívěsné	20
3.5 Sloupcové pracovní plošiny speciální	20
3.6 Teleskopické pracovní plošiny automobilové	21
3.7 Kloubové pracovní plošiny speciální	21
4 Typy pohonů	22
5 Hydraulické systémy	23
5.1 Podmínky provozu hydraulických systémů	23
5.2 Přímočarý hydromotor	23
6 Rešerše dostupných typů kloubových pracovních plošin	24
6.1 Kloubové pracovní plošiny s elektrickým motorem	24
6.2 Kloubové pracovní plošiny poháněné vznětovým motorem	25
6.3 Automobilové kloubové pracovní plošiny	27
6.4 Zhodnocení a porovnání jednotlivých plošin	29
7 Konstrukční návrh pracovního koše kloubové pracovní plošiny	31
7.1 Volba parametrů zábradlí	31
7.1.1 Termíny a definice	31
7.1.2 Dělení zábradlí	32
7.1.3 Měření zábradlí	32
7.1.4 Technické požadavky	32
7.1.5 Zábradelní zarážka	33
7.2 Možnosti uchycení pracovního koše k výložníku	33
7.2.1 Varianta 1	33
7.2.2 Varianta 2	34
7.2.3 Varianta 3	34



7.3	Zadání a definice problému.....	35
7.4	Volba parametrů pracovního koše.....	36
7.5	Funkční a pevnostní výpočty	39
7.5.1	Síla působící na nosník držáku	40
7.5.2	Volba materiálu držáku.....	41
7.5.3	Volba průřezu nosníku	41
7.5.4	Kontrola nosníku na ohyb	42
7.5.5	Kontrola svarů 1	42
7.5.6	Kontrola svislých bočních nosných profilů.....	44
7.5.7	Kontrola svarů 2.....	44
7.5.8	Volba materiálu čepu	45
7.5.9	Volba průměru hlavního čepu.....	45
7.5.10	Volba průměru čepu pro uchycení přímočarého hydromotoru	46
7.5.11	Kontrola nebezpečných průřezů	47
7.5.12	Volba přímočarého hydromotoru	48
	Závěr	49
	Použité informační zdroje	50
	Seznam použitých symbolů	53
	Seznam použitých zkratk	54
	Seznam příloh.....	54



Úvod

Stroj je systém, který mnohonásobně zvětšuje lidské síly a možnosti. Stroje ulehčují, zrychlují a rozšiřují lidské činnosti a úkony téměř ve všech odvětvích.

Zdvihací stroje jsou určeny k manipulaci a přepravě osob nebo materiálu. Do těchto strojů patří i kloubové pracovní plošiny řešené v této bakalářské práci.

Kloubové pracovní plošiny usnadňují dopravu osob do výšin, ve kterých se provádějí především údržbářské práce. Jejich obrovskou výhodou je velký stranový dosah, který jiné typy plošin neumožňují. Tyto plošiny jsou hojně využívány v mnoha odvětvích, kde se jejich stranového dosahu dobře využívá.

Cílem této bakalářské práce je rozbor konstrukce samopojízdných kloubových pracovních plošin, jejich kritická rešerše, dostupnost na trhu a konstrukční návrh pracovního koše včetně jeho funkčních a pevnostních výpočtů a výkresové dokumentace.



Obr. 1 Kloubová pracovní plošina HA 18PX [4]



1 ZDVIHADLA

Samopojízdné zdvihací plošiny kloubové patří do skupiny strojů s názvem Zdvihadla. Do této skupiny patří tyto stroje dle [14]:

- výtahy
- pater-nostery
- kladkostroje
- jeřáby
- eskalátory
- vrátky
- pohyblivé chodníky
- lodní výtahy
- vysokozdvižné vozíky
- vysokozdvižné plošiny
- zvedací plošiny
- pásové dopravníky
- lyžařské vleky
- lanové dráhy

2 PRACOVNÍ PLOŠINY

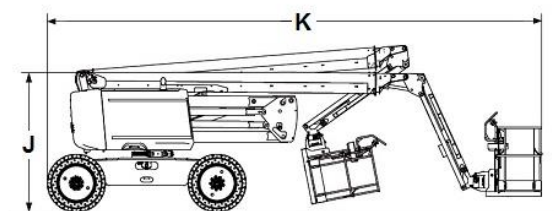
Pracovní plošina je zdvihací zařízení vybavené pracovním místem pro obsluhu v podobě koše nebo plochy obklopené zábradlím. Umožňuje práci ve výšce na místech jinak nedostupných, jako jsou okraje střech, koruny stromů, osvětlovací stožáry, trolejová vedení elektrických drah. Většina plošin umožňuje pohyb nejen do výšky, ale i v kruhu daném dosahem ramene. Plošina může být vybavena zdrojem elektřiny pro používání ručního elektrického nářadí [15].

2.1 TERMÍNY A DEFINICE

Vysvětlení jednotlivých termínů a definic na téma pracovní plošiny dle [8].

- **Pojízdná zdvihací pracovní plošina**

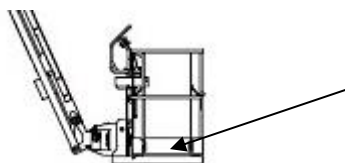
Pojízdná zdvihací pracovní plošina se označuje MEWP (mobile elevating work platform). Tento pojízdný stroj je určený k přepravě osob na pracovní místa, kde vykonávají z pracovní plošiny pracovní činnosti. Osoby vstupují na pracovní plošinu a opouštějí ji pouze na přístupovém místě v úrovni země nebo na podvozku. MEWP se skládá minimálně z jedné pracovní plošiny s ovládacími prvky, výsuvné konstrukce a podvozku.



Obr. 2 Kloubová montážní plošina [1]

- **Pracovní koš**

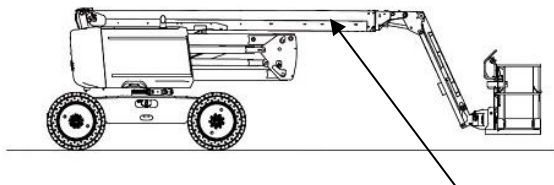
Pracovní koš je ohrazená plošina nebo klec, které mohou být přemístěny pod zatížením do požadované pracovní polohy a ze kterých může být prováděna stavba, oprava, inspekce nebo podobné práce.



Obr. 3 Pracovní plošina [1]

- **Výsuvná konstrukce**

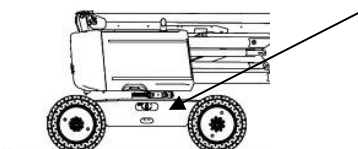
Výsuvná konstrukce je připevněna na podvozku. Tato konstrukce nese pracovní plošinu a umožňuje pohyb pracovní plošiny do požadované polohy.



Obr. 4 Výsuvná konstrukce [1]

- **Podvozek**

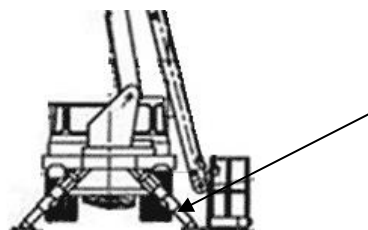
Podvozek je základna MEWP, která může být tažena nebo tlačena, může mít vlastní pohon atd.



Obr. 5 Podvozek [1]

- **Opěrné prvky**

Opěrné prvky jsou zařízení a systémy používané ke stabilizaci MEWP podpíráním a nebo vyrovnáváním celé MEWP nebo výsuvné konstrukce, jako jsou např. zvedáky, závěsná zajišťovací zařízení, výsuvné nápravy.

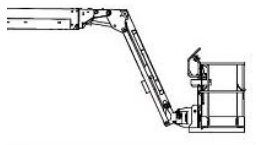


Obr. 6 Opěrné prvky [1]



- **Nástupní poloha**

Poloha(y) pro zajištění bezpečného přístupu nebo výstupu z pracovní plošiny se nazývá nástupní poloha.



Obr. 7 Nástupní poloha [1]

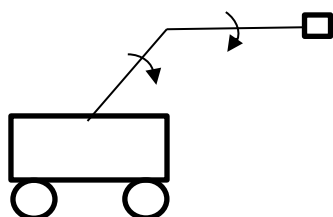
- **Přepravní konfigurace**

Konfigurace MEWP předepsaná výrobcem, která je stanovena pro přepravu MEWP na místo použití je konfigurace přepravní.

- **Základní pohyby kloubové pracovní plošiny**

- a. Spouštění**

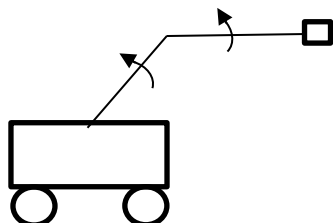
Operace pro pohyb pracovní plošiny na nižší úroveň.



Obr. 8 Schéma spouštění

- b. Zvedání**

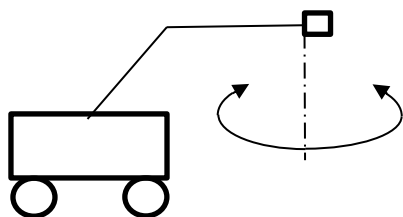
Operace pro pohyb pracovní plošiny na vyšší úroveň.



Obr. 9 Schéma zvedání

c. Natáčení

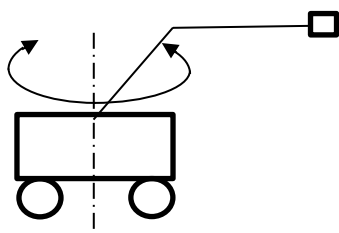
Kruhový pohyb pracovní plošiny kolem svislé osy.



Obr. 10 Schéma natáčení

d. Otáčení

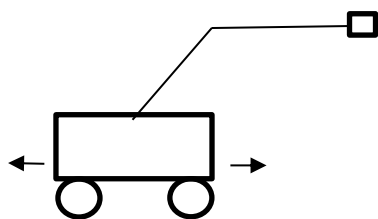
Kruhový pohyb výsuvné konstrukce okolo svislé osy.



Obr. 11 Schéma otáčení

e. Pojíždění

Pohyby podvozku s pracovní plošinou mimo přepravní konfiguraci.



Obr. 12 Schéma pojíždění

- **Druhy pojízdných zdvihacích pracovních plošin**

a. MEWP instalovaná na vozidle

MEWP, kde je podvozkem vozidlo a kde jsou ovládací prvky pojezdu umístěny v kabině vozidla.



b. MEWP ovládaná pěší obsluhou

MEWP, u které umístění ovládacích prvků nuceného pohybu umožňuje ovládání osobou, která jde v blízkosti MEWP.

c. MEWP s vlastním pohonem

MEWP, která má ovládací prvky pojezdu umístěny na pracovní plošině.

- **Jmenovitá nosnost**

Jmenovitá nosnost je zatížení při běžném provozu, pro které byla MEWP navržena. Tato nosnost zahrnuje osoby, nářadí a materiály působící svisle na pracovní plochu.

- **Zatěžovací cyklus**

Zatěžovací cyklus začíná od nástupní polohy, zahrnuje pracovní činnost a návrat k nástupní poloze.

- **Pracovní prostor**

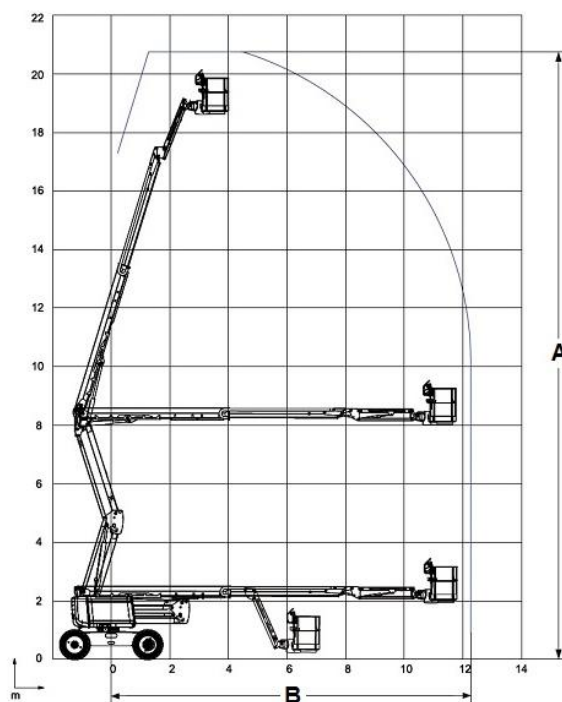
Pracovní prostor je navržen pro činnost MEWP v běžných podmínkách při specifikovaných zatíženích a silách.



2.2 PRACOVNÍ DIAGRAM KLOUBOVÉ PLOŠINY

Pracovní diagram udává výrobce u každé pracovní plošiny. Z diagramu vyplývá pracovní dostupnost plošiny a její manévrovatelnost.

- Rozměr A: udává maximální možnou pracovní výšku plošiny.
- Rozměr B: udává maximální možnou pracovní vzdálenost od středu podvozku plošiny.



Obr. 13 Pracovní diagram [1]



3 ROZDĚLENÍ PRACOVNÍCH PLOŠIN

Základní rozdělení pracovních plošin podle způsobu a vhodnosti použití.

Pracovní plošiny se dělí na:

A) Podle zdvihacího mechanismu:

- 1) Nůžkové
- 2) Kloubové
- 3) Teleskopické
- 4) Sloupcové

B) Podle umístění zdvihacího mechanismu:

- 1) Samopojízdné
- 2) Přívěsné
- 3) Automobilové
- 4) Speciální

3.1 NŮŽKOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY SAMOPOJÍZDNÉ

- Samohybné plošiny.
- Vhodné pro práce, kdy pracovní prostor umožňuje stroji pohyb kolmo nahoru.
- Vyznačují se vysokou nosností v koši 250 – 1200 kg.
- Není zaručen větší stranový dosah.
- Maximální pracovní výška 6 – 28 m.
- Umí pojíždět ve své maximální pracovní výšce.
- U většiny nůžkových plošin lze rozšířit pracovní koš o tzv. prodloužení.
- Zdrojem pohonu jsou vznětové či elektrické motory:
 - Elektrické:
 - Vhodné pro použití ve vnitřních prostorech.
 - Vznětové:
 - Vyznačují se velkou velikostí pracovního koše a velkou nosností.



Obr. 14 Nůžkové pracovní plošiny [3]

3.2 KLOUBOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY SAMOPOJÍZDNÉ

- Samohybné plošiny.
- Vhodné pro práce, kdy je třeba určitého stranového dosahu.
- Využívají se zejména v prostředích vybavených množstvím technologií nebo při venkovních pracích, kdy je třeba překonávat různé terénní, či výškové překážky.
- Jsou otočné o 360°.
- Umí pojíždět v maximální pracovní výšce.
- Maximální pracovní výška 9 - 44 m.
- Zdrojem pohonu jsou vznětové či elektrické motory:
 - Elektrické:
 - Jsou vhodné do hustě technologiemi zastavěných prostor, kde je třeba použít stranový dosah stroje.
 - Vznětové:
 - Jsou vhodné do náročných terénů, kde je třeba použít stranový dosah stroje.



Obr. 15 Kloubové pracovní plošiny [3]

3.3 TELESKOPICKÉ PRACOVNÍ PLOŠINY SAMOPOJÍZDNÉ

- Samohybné plošiny.
- Vhodné pro práce, kdy je třeba určitého stranového dosahu.
- Využívají se zejména v prostředích vybavených množstvím technologií nebo při venkovních pracích, kdy je třeba překonávat různé terénní, či výškové překážky.
- Jsou otočné o 360°.
- Umí pojíždět v maximální pracovní výšce.
- Maximální pracovní výška 22 - 42 m.
- Zdrojem pohonu jsou vznětové motory.



Obr. 16 Teleskopické pracovní plošiny [3]

3.4 KLOUBOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY PŘÍVĚSNÉ

- Vhodné pro práce, kdy je třeba určitého stranového dosahu.
- Využívají se zejména v prostředích vybavených množstvím technologií nebo při venkovních pracích, kdy je třeba překonávat různé terénní, či výškové překážky.
- Jsou otočné o 360°.
- Nejsou samohybné, k poježdění se musí zapřáhnout za automobil.
- Maximální pracovní výška 22 - 42 m
- Zdrojem pohonu jsou vznětové motory.



Obr. 17 Přívěsové pracovní plošiny [3]

3.5 SLOUPCOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY SPECIÁLNÍ

- Vhodné pro vykonávání různých údržbářských prací.
- Mají nosnost většinou jedné osoby.
- Umožňují pohyb pouze kolmo nahoru.
- Vždy musí být ustaveny na manuálních nohou.
- Zdrojem pohonu jsou elektrické motory.
- Jsou umístěny na pevno na stavěcích nohách, pro přemístění plošiny je zapotřebí jeřábu, nebo nějakého jiného zařízení.



Obr. 18 Sloupcové pracovní plošiny [32]

3.6 TELESKOPICKÉ PRACOVNÍ PLOŠINY AUTOMOBILOVÉ

- Vhodné pro časté a dlouhé přemístování.
- Vlastnosti stejné jako dieselové plošiny kloubové.
- Jedná se o připojenou kloubovou plošinu na automobilový podvozek.
- Zdrojem pohonu je vznětový automobilový motor, který zajišťuje i pohon celého automobilu.



Obr. 19 Automobilové pracovní plošiny [33]

3.7 KLOUBOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY SPECIÁLNÍ

- Plošiny, které se pohybují například na pásovém vozíku.
- Pohyb po pásích umožňuje rozložit pracovní zatížení na metr čtvereční.
- Používají se např. v obchodních centrech, zámcích a hradech, v různých sportovních halách, při práci v náročných terénech.
- Zdrojem pohonu jsou zážehové či vznětové motory, v případě vnitřních prací elektrické motory.



Obr. 20 Speciální pracovní plošiny [34]



4 TYPY POHONŮ

- **Elektrický pohon**

Výhody:

- Vhodný do uzavřených prostor.
- Nízká úroveň hluku.
- Nulové emise.
- Vysoká účinnost.
- Vhodné pro práce na pevných nosných podkladech např. betonové, asfaltové a vydlážděné plochy.
- Jsou nabíjeny vestavěnou nabíječkou.

Nevýhody:

- Nižší výkon.
- Nižší maximální nosnost.
- Doba nabíjení akumulátoru.

- **Vznětový, zážehový pohon**

Výhody:

- Vysoký výkon.
- Vyšší maximální nosnost.
- Vhodné pro práce na zpevněných i nezpevněných podkladech.
- Bývají vybaveny pohonem 4x4 a výkyvnými nápravami.
- Vznětové motory umožňují stroji pojíždět i v těch nejnáročnějších podmínkách.

Nevýhody:

- Produkuje emise.
- Vytváří vibrace.
- Nesmí pracovat v uzavřených prostorech.
- Vyšší úroveň hluku.



5 HYDRAULICKÉ SYSTÉMY

Hydraulické systémy u kloubových pracovních plošin umožňují zvedání či spouštění výložníku nebo se používají pro natáčení kol řídicí nápravy plošiny. Tyto systémy zahrnují různé typy přímočarých hydromotorů jednočinných, nebo dvoučinných.

5.1 PODMÍNKY PROVOZU HYDRAULICKÝCH SYSTÉMŮ

V hydraulických systémech musí být instalováno zařízení k omezení tlaku (např. pojistný ventil) před prvním ovládacím ventilem. Pokud se v hydraulickém systému používá více maximálních tlaků, musí být instalováno více zařízení k omezení tlaku. Všechny prvky hydraulického systému musí být dimenzovány nejméně pro maximální tlak, kterému budou vystaveny dle [8].

5.2 PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR

Přímočaré hydromotory slouží k zajištění pohybu částí zařízení. Dělí se na jednočinné a dvoučinné, podle toho v jakých směrech vykonávají svou práci dle [7].

- a) Jednočinné mají pouze jeden vstup pro hydraulický olej a pracují pouze v jednom směru. Návrat do původní polohy pak většinou zajišťuje integrovaná pružina.
- b) Dvoučinné válce mají dva vstupy a tak je zajištěno, že pracují v obou směrech.

- **Konce přímočarých hydromotorů**

Přímočaré hydromotory se dají koupit již s navařenými konci. Většinou se nabízí přímočaré hydromotory se zakončením tělesa válce a pístnice s navařenými oky a naklápěcími ložisky. V ojedinělých případech se dají koupit hydromotory bez konců. Jejich použití je pak variabilní.

- **Rozměry přímočarých motorů**

Rozměry přímočarých hydromotorů jsou velmi důležité pro každé použití. Hlavní rozměry, které se berou v úvahu když se přímočarý hydromotor pořizuje jsou:

- Celková délka pro zástavbu do stroje.
- Délka tahu, která udává pracovní rozsah.
- Vnitřní průměr válce, který udává pracovní sílu hydraulického válce.

6 REŠERŠE DOSTUPNÝCH TYPŮ KLOUBOVÝCH PRACOVNÍCH PLOŠIN

Na trhu existuje velký počet prodejců kloubových pracovních plošin, z nichž byli vybráni čtyři zástupci. Tito zástupci byli vybráni z důvodu, že nabízí širokou škálu produktů.

Vybraní výrobci kloubových pracovních plošin:

- DINOlift, Finsko webové stránky: [21]
- Haulotte, Francie webové stránky: [22]
- Genielift, Kanada webové stránky: [24]
- JLG, USA webové stránky: [23]

Od těchto námi zvolených výrobců byly vybrány určité zástupci, kde jejich názvy a parametry jsou vypsány níže.

6.1 KLOUBOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY S ELEKTRICKÝM MOTOREM

Název: RSG 112

- Výrobce: DINOlift
- Pracovní výška: 11,2 m
- Maximální stranový dosah: 5,2 m
- Nosnost koše: 250 kg
- Celková hmotnost: 2400 kg
- Převážná délka: 4,06 m
- Průjezdová šířka: 1,55 m
- Průjezdová výška: 1,97 m
- Rozvor: 1,74 m
- Stoupavost: 10 %
- Pohon: elektrický 23V akumulátory
- Výhody:
 - Nízká hmotnost
 - Dobrá nosnost
 - Stoupavost
- Nevýhody:
 - Menší stranový dosah



Obr. 21 RSG 112 [5]

Informace o pracovní plošině RSG 112 dle [30].

Název: HA 12 CJ+

- Výrobce: Haulotte
- Pracovní výška: 11,7 m
- Maximální stranový dosah: 7,22 m
- Nosnost koše: 250 kg
- Celková hmotnost: 7040 kg
- Převážná délka: 5,64 m
- Průjezdná šířka: 1,2 m
- Průjezdná výška: 1,99 m
- Rozvor: 1,65 m
- Stoupavost: 3 %
- Pohon: elektrický 320 A/h akumulátory
- Výhody:
 - Dobrý stranový dosah
 - Malý rozvor
- Nevýhody:
 - Vysoká hmotnost
 - Stoupavost



Obr. 22 HA 12 CJ+ [11]

Informace o pracovní plošině HA 12CJ+ dle [30].

6.2 KLOUBOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY POHÁNĚNÉ VZNĚTOVÝM MOTOREM

Název: HA 20 RTJ PRO

- Výrobce: Haulotte
- Pracovní výška: 20,6 m
- Maximální stranový dosah: 12,2 m
- Nosnost koše: 230 kg
- Celková hmotnost: 9600 kg
- Převážná délka: 6,5 m
- Průjezdná šířka: 2,42 m
- Průjezdná výška: 2,93 m
- Rozvor: 2,45 m
- Stoupavost: 45 %
- Pohon: vznětový 4x4 36,5 Kw
- Výhody:
 - Vysoká pracovní výška
 - Velký stranový dosah
 - Silný motor
- Nevýhody:
 - Nižší nosnost koše
 - Vysoká hmotnost



Obr. 23 HA 20 RTJ PRO [18]

Informace o pracovní plošině HA 20 RTJ PRO dle [30].



Název: HA 18PX

- Výrobce: Haulotte
- Pracovní výška: 17,6 m
- Maximální stranový dosah: 10,55 m
- Nosnost koše: 250 kg
- Celková hmotnost: 7890 kg
- Převážná délka: 5,8 m
- Průjezdová šířka: 2,33 m
- Průjezdová výška: 2,15 m
- Rozvor: 2 m
- Stoupavost: 50 %
- Pohon: vznětový 4x4 31 kW
- Výhody:
 - Malý rozvor
 - Stoupavost
 - Dobrý stranový dosah
 - Převážná délka
- Nevýhody:
 - Nižší pracovní výška
 - Nižší výkon motoru

Informace o pracovní plošině HA 18PX dle [30].



Obr. 24 HA 18PX [4]

Název: Genie Z 51/30J RT

- Výrobce: Genielift
- Pracovní výška: 17,62 m
- Maximální stranový dosah: 9,25 m
- Nosnost koše: 227 kg
- Celková hmotnost: 7212 kg
- Převážná délka: 7,5 m
- Průjezdová šířka: 2,29 m
- Průjezdová výška: 2,16 m
- Rozvor: 2,03 m
- Stoupavost: 45 %
- Pohon: vznětový 4x4 31,8 kW
- Výhody:
 - Malý rozvor
 - Dobrá pracovní výška
- Nevýhody:
 - Nižší hmotnost koše
 - Nižší výkon motoru
 - Převážná délka

Informace o pracovní plošině Genie Z 51/30J RT dle [30].



Obr. 25 Genie Z 51/30J RT [19]

6.3 AUTOMOBILOVÉ KLOUBOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY

Název: Multicar MP

- Výrobce: Multicar
- Pracovní výška: 10 m
- Maximální stranový dosah: 5 m
- Nosnost koše: 200 kg
- Celková hmotnost: 3400 kg
- Převážná délka: 5,5 m
- Průjezdová šířka: 1,8 m
- Průjezdová výška: 3 m
- Šířka s podpěrami: 2,7 m
- Pohon: vznětový
- Alternativní pohon: elektrický 3x400 V
- Výhody:
 - Nízká hmotnost
 - Podpěry
 - Vhodnost do úzkých prostor
 - Možnost práce v uzavřených prostorech s využitím alternativního pohonu
- Nevýhody:
 - Nižší pracovní výška
 - Nižší výkon motoru

Informace o pracovní plošině Multicar MP dle [31].



Obr. 26 Multicar MP [10]

Název: Nissan CELA DT

- Výrobce: Nissan
- Pracovní výška: 21 m
- Maximální stranový dosah: 9,5 m
- Nosnost koše: 200 kg
- Celková hmotnost: 3500 kg
- Převážná délka: 6,6 m
- Průjezdová šířka: 1,98 m
- Průjezdová výška: 2,3 m
- Pohon: vznětový
- Výhody:
 - Nízký průjezd
 - Použití v lehkém terénu
 - Vhodnost do úzkých prostor
 - Koš obsahuje přípojku na 230 V a přípojku na vodu
- Nevýhody:
 - Převážná délka

Informace o pracovní plošině Nissan CELA DT dle [31].



Obr. 27 Nissan CELA DT [6]



Název: Man Ruthmann MP

- Výrobce: Man
- Pracovní výška: 31 m
- Maximální stranový dosah: 15,7 m
- Nosnost koše: 200 kg
- Celková hmotnost: 7490 kg
- Přepravní délka: 8,89 m
- Průjezdná šířka: 2,5 m
- Průjezdná výška: 3,49 m
- Pohon: vznětový
- Výhody:
 - Vysoká pracovní výška
 - Velký stranový dosah
 - Použití v lehkém terénu
- Nevýhody:
 - Vysoká hmotnost
 - Rozměry

Informace o pracovní plošině Man Ruthmann MP dle [31].



Obr. 28 Man Ruthmann MP [17]



6.4 ZHODNOCENÍ A POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH PLOŠIN

Z výše uvedených parametrů je zřejmé, že neexistuje univerzální druh pracovní plošiny pro všeobecné použití jak do vnitřních prostor, tak pro venkovní práce v terénu. Každý druh má nějaké výhody či nevýhody ať už je to nosnost koše, podmínky kde může být plošina používána, maximální pracovní výška nebo stranový dosah.

V přehledných tabulkách níže je zobrazeno, která plošina z našeho výběru v kap. 6.3 má vybrané vlastnosti lepší, než její konkurence. Bohužel výrobci neuvádějí ceny jednotlivých plošin, které by pro výběr pracovní plošiny měly výrazný vliv.

Plošiny s elektrickým motorem:

Největší výhodou plošin s elektrickým motorem je možnost práce v uzavřených prostorech, neprodukují tedy žádné emise a jsou téměř bezhlučné. Výkon těchto typů plošin bývá menší, než u plošin se vznětovými motory.

Tab. 1 Porovnání základních parametrů plošin s elektrickým pohonem

	RSG 112	HA 12 CJ+
Pracovní výška	11,2 m	11,7 m
Max. Stranový dosah	5,2 m	7,22 m
Nosnost koše	240 kg	250 kg
Přepravní délka	4,06 m	5,64 m
Stoupavost	10 %	3%

Podle parametrů vypsanych v tab. 1 je vidět, že z celkového hlediska je nejlepší volba plošina HA 12 CJ+ od společnosti Haulotte, která má vyšší pracovní výšku, větší stranový dosah a větší nosnost koše. RSG 112 od společnosti DINOLift má naopak menší přepravní délku a lepší stoupavost.

Plošiny se vznětovým motorem:

Plošiny se vznětovým motorem mívají díky jejich motoru větší výkon než plošiny s pohonem elektrickým. Díky většímu výkonu mají větší nosnosti pracovního koše a vyšší pracovní výšky. Často mají pohon všech kol a terénní vzorek pneumatik pro práci v terénu. Nevýhoda plošin se vznětovým motorem je skutečnost, že produkují emise, a proto nemohou pracovat v uzavřených prostorech.



Tab. 2 Porovnání základních parametrů plošin se vznětovým motorem

	HA 20 RTJ PRO	HA 18PX	Genie Z 51/30J RT
Pracovní výška	20,6 m	17,6 m	17,62 m
Max. Stranový dosah	12,2 m	10,55 m	9,25 m
Nosnost koše	230 kg	250 kg	227 kg
Přepravní délka	6,5 m	5,8 m	7,5 m
Stoupavost	45 %	50%	45%

Podle parametrů vypsanych v tab. 2 je vidět, že z celkového hlediska je nejlepší volba plošina HA 18PX od společnosti Haulotte. Tato plošina má největší nosnost pracovního koše, nejmenší pracovní délku a nejlepší stoupavost. Ostatní parametry má mírně horší než její konkurenti, ale nijak výrazně za nimi nezaostává.

Automobilové plošiny:

Automobilové plošiny mají vznětový motor, který jim dává stejný nebo vyšší výkon jako u plošin se vznětovým motorem. Tento typ plošin má automobilový podvozek, který je ideální pro rychlou a častou přepravu pracovní plošiny z místa A na místo B na velké vzdálenosti. Díky jejich velkému stabilnímu podvozku a výkonu mají vysoké pracovní výšky. Pro samostatný provoz pracovní plošiny je nutné, mít spuštěný vznětový motor automobilového podvozku, jelikož tento motor pohání přes hřídel a převodovku podvozek i pracovní plošinu. Nevýhodou těchto plošin je jejich velikost a cena, která je kvůli podvozku vyšší.

Tab. 3 Porovnání základních parametrů automobilových plošin

	Multicar MP	Nissan CELA DT	Man Ruthmann MP
Pracovní výška	10 m	21 m	31 m
Max. Stranový dosah	5 m	9,5 m	15,7 m
Nosnost koše	200 kg	200 kg	200 kg
Přepravní délka	5,5 m	6,6 m	8,89 m

Podle parametrů vypsanych v tab. 3 je vidět, že z celkového hlediska je nejlepší volba plošina Man Ruthmann MP. Tato plošina má o několik metrů větší pracovní výšku i stranový dosah, ale má větší rozměry než její konkurenti. Naopak plošina Multicar MP má malé rozměry, ale její pracovní výška a stranový dosah je výrazně menší.



7 KONSTRUKČNÍ NÁVRH PRACOVNÍHO KOŠE KLOUBOVÉ PRACOVNÍ PLOŠINY

7.1 VOLBA PARAMETRŮ ZÁBRADLÍ

Informace a tabulkové hodnoty ohledně parametrů zábradlí dle [9].

7.1.1 TERMÍNY A DEFINICE

- **Ochranné zábradlí**

Ochranné zábradlí je trvalá konstrukce (svislá, šikmá apod.), určená k ochraně osob proti neúmyslnému pádu z volného okraje pochůzkové plochy nebo neúmyslnému vstupu do jinak nebezpečného prostoru.

- **Zábradelní sloupek**

Zábradelní sloupek je svislý nebo šikmý konstrukční prvek zábradlí, určený k jeho upevnění ke konstrukci pochůzná plochy.

- **Pochůzná plocha**

Pochůzná plocha je určená pro pobyt či pohyb osob o půdorysných rozměrech nejméně 300x300 mm.

- **Volný okraj pochůzná plochy**

Volný okraj pochůzná plochy je krajní hrana nebo jiné rozhraní mezi pochůznou plochou a volným prostorem.

- **Zábradelní zarážka**

Zábradelní zarážka je prvek určený k zamezení sklouznutí nohy nebo sjetí vozíku na volném okraji pochůzná plochy pod zábradelní výplní. Funkci zarážky může plnit i jiný prvek, který není součástí zábradlí např. lemování okraje pochůzná plochy.

- **Volný prostor**

Volný prostor je prostor pod úrovní pochůzná plochy, do něž může dojít k neúmyslnému pádu osob z jejího volného okraje.



7.1.2 DĚLENÍ ZÁBRADLÍ

Zábradlí se dělí podle typu na:

- a) Plné, tj. s výplní bez otvorů.
- b) S mezerami nebo otvory (profamované). A toto zábradlí se dělí podle výplně na:
 1. Tyčovou z tyčí rovnoběžných s horní hranou zábradlí, tj. vodorovných nebo šikmých.
 2. Mřížovou z tyčových prvků svislých, šikmých, různosměrných nebo křivočarých.
 3. Tabulovou z celistvých plošných prvků s mezerami nebo otvory.
 4. Sloupkovou ze svislých prvků bez mezery nad okrajem pochůzní plochy.
 5. Jiné konstrukce, tj. kombinace 1. - 4. výplně.

Na pochůzných plochách s omezeným přístupem osob, tj. s přístupem omezeného počtu povolovaných dospělých osob (např. pracovní nebo kontrolní plošiny) může být zábradlí s výplní:

- a) Dvoutyčovou se zarážkou, jestliže spodní tyč je rovnoběžná s horní hranou zarážky a je umístěná 350 – 500 mm nad touto hranou.
- b) Vícetyčovou či jinou a to:
 1. Ve vnitřních prostorech s prostředím vlhkým nebo mokrým se zarážkou a s mezerou mezi její horní hranou a spodním okrajem výplně nejvýše 350 mm.
 2. V ostatních prostorech bez zarážky a s mezerou mezi výplní (spodní tyčí) a pochůznou plochou nejvýše 250 mm.

7.1.3 MĚŘENÍ ZÁBRADLÍ

Výška zábradlí h [mm] je svislá vzdálenost mezi horní hranou zábradlí a povrchem pochůzkové plochy.

7.1.4 TECHNICKÉ POŽADAVKY

Volba výšky zábradlí h [mm] se stanoví z tab. 4.

Tab. 4 Volba výšky zábradlí

Položka	Nejmenší dovolená výška zábradlí h (mm)		Použití
1	Snížená	900	Hloubka volného prostoru $d \leq 3\text{m}$
2	Základní	1000	Ve všech případech kromě položek 1, 2, 4
3	Zvýšená	1100	Hloubka volného prostoru $d > 12\text{m}$
4	Zvláštní	1200	Hloubka volného prostoru $d > 30\text{m}$

7.1.5 ZÁBRADELNÍ ZARÁŽKA

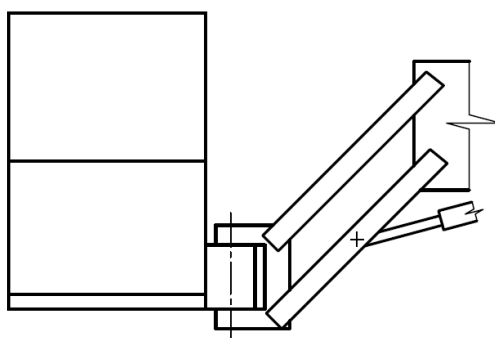
Zábradelní zarážka musí mít výšku nejméně 100 mm nad povrchem pochůzné plochy. Zarážka může mít mezery nebo otvory (pro odtok vody apod.), jimiž neprojde zkušební koule o průměru nejvíce 30 mm.

7.2 MOŽNOSTI UCHYCENÍ PRACOVNÍHO KOŠE K VÝLOŽNÍKU

Součástí zadání je návrh konstrukce uchycení pracovního koše s připojeným koncem výložníku. Na trhu jsou nejvíce používány níže uvedené tři varianty uchycení pracovního koše.

7.2.1 VARIANTA 1

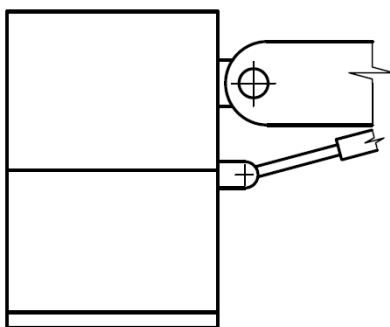
Těleso koše je uloženo na svislém čepu. Podél osy tohoto čepu se koš může otáčet. Tento čep je uložen na krátké části výložníku, který má funkci čtyřkloubového mechanismu. Čtyřkloubový mechanismus zajišťuje stálou vodorovnou polohu pracovního koše. Pohyb tohoto mechanismu zajišťuje přímočarý hydromotor.



Obr. 29 Uchycení pracovního koše: Varianta 1

7.2.2 VARIANTA 2

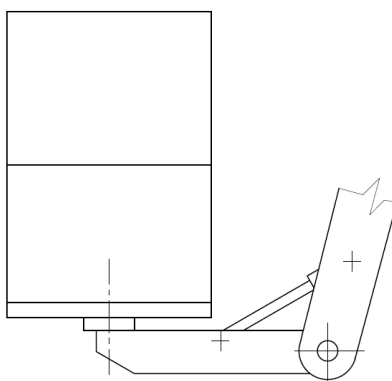
Těleso koše je uloženo na vodorovném čepu, který je upevněn na rameni výložníku. Zajištění koše ve stále vodorovné poloze je realizováno pomocí přímočarého hydromotoru, který je spojen s tělesem koše a s koncem výložníku.



Obr. 30 Uchycení pracovního koše: Varianta 2

7.2.3 VARIANTA 3

Těleso koše je zespodu otočně připojeno na mechanismus, který je spojen s koncem výložníku. Stálá vodorovná poloha koše je zajištěna pomocí přímočarého hydromotoru.



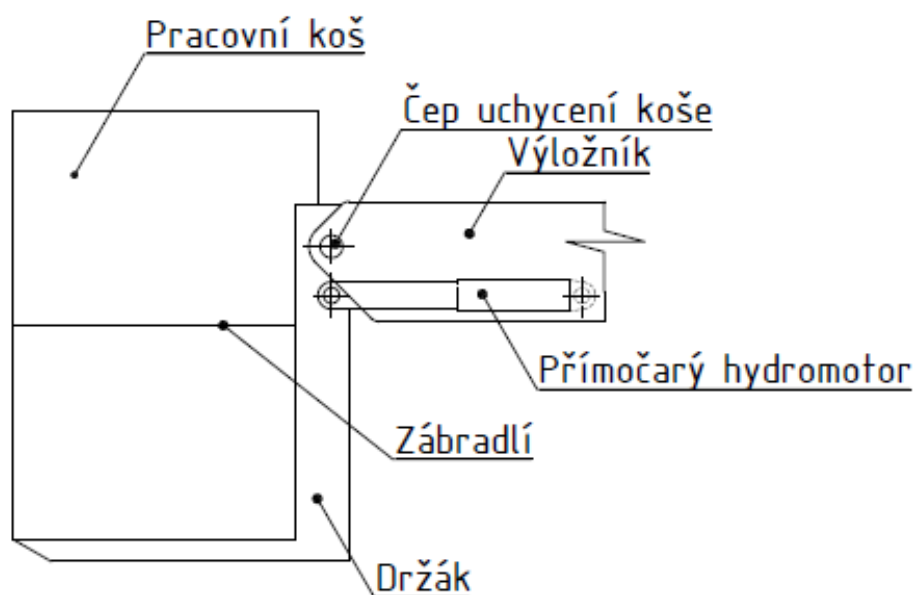
Obr. 31 Uchycení pracovního koše: Varianta 3

7.3 ZADÁNÍ A DEFINICE PROBLÉMU

Součástí této práce je konstrukční návrh pracovního koše s nosností 350 kg, jeho návrh připojení koše k výložníku, volba přímočarého hydromotoru pro natáčení koše do vodorovné polohy a funkční a pevnostní výpočty nosné konstrukce koše s připojeným koncem výložníku.

Pro způsob uchycení pracovního koše k výložníku byla vybrána varianta 2, která je popsána v kapitole 7.2. Tato varianta je jednoduchá a vhodná pro vysoké zatížení koše. Varianty 1 a 3 nejsou pro takovéhle zatížení vhodné.

Náčrt konstrukčního řešení pracovního koše je uveden na obr. 32.



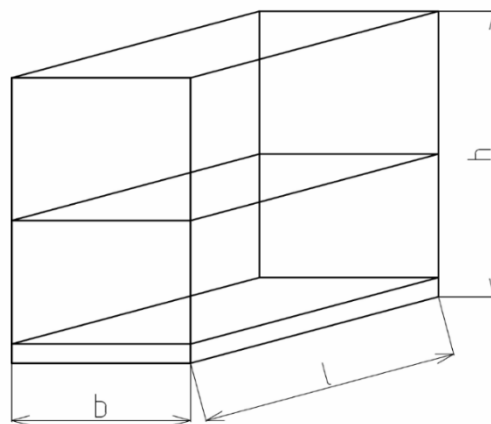
Obr. 32 Náčrt konstrukčního řešení pracovního koše

7.4 VOLBA PARAMETRŮ PRACOVNÍHO KOŠE

a) Rozměry pracovního koše:

Rozměry pracovního koše jsou voleny tak, aby se do něj vešly 2-3 osoby včetně jejich osobního nářadí a mohly se bez problémů pohybovat a vykonávat pracovní činnosti.

- Šířka koše: $b = 1000 \text{ mm}$
- Délka koše: $l = 2000 \text{ mm}$
- Výška koše: $h = 1300 \text{ mm}$



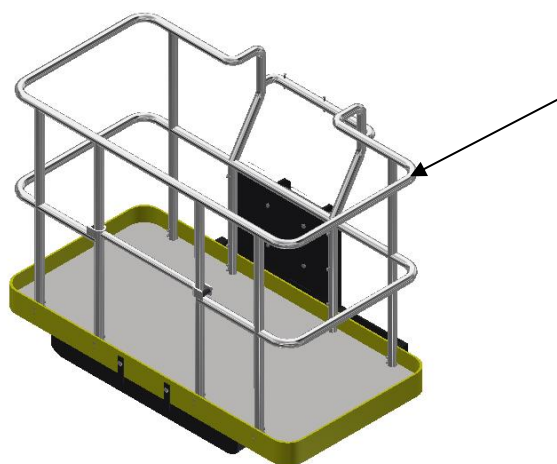
Obr. 33 Rozměry pracovního koše

b) Volba zábradlí:

Nejvhodnější varianta zábradlí pro pracovní koš kloubové pracovní plošiny je zábradlí s vícetyčovou výplní se zábradelní zarážkou s mezerou mezi zábradelní zarážkou a okrajem výplně nejvýše 350 mm.

Z důvodu ušetření hmotnosti jsou místo tyčí použity trubky o průměru 50 mm s šířkou stěny 5 mm. Pro další úsporu váhy je materiál těchto trubek ze slitiny hliníku AlMgSi (norma: ČSN 424401, dle [29]). Trubky jsou svařované obalovanou elektrodou E AlSi5 (norma: ČSN 05 5292, dle [29]).

Hloubku pracovního prostoru uvažujeme více než 30 metrů. Dle tab. 4 v kapitole 7.1.4 volíme výšku zábradlí 1200 mm. Zábradlí je přišroubováno k pracovní plošině pomocí šestnácti šroubů M8 s uzavřenými maticemi.

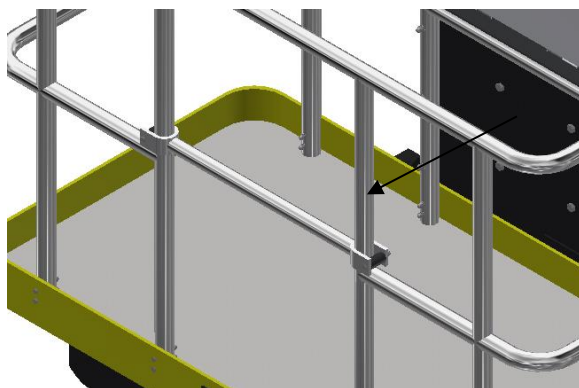


Obr. 34 Volba zábradlí

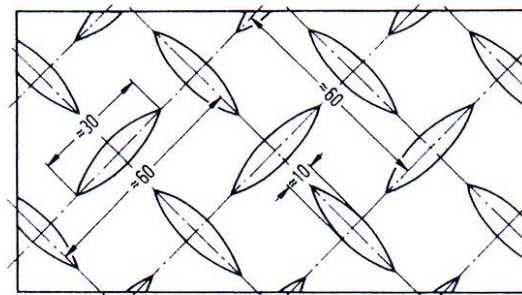
c) Pracovní prostor:

Vstup a výstup do pracovního prostoru zajišťuje výsuvná zarážka. Tato zarážka je ze stejného materiálu jako zábradlí.

Podlaha pracovního koše je zhotovena z protiskluzového plechu (norma: DIN 59220, dle [25]).



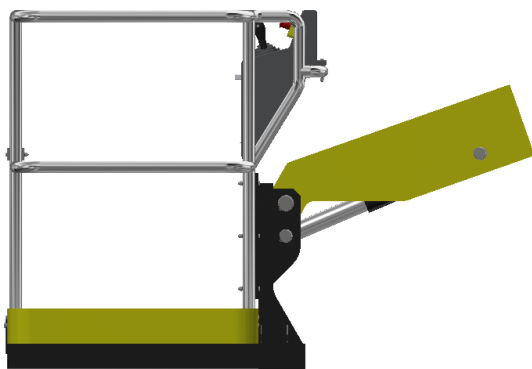
Obr. 35 Výsuvná zarážka



Obr. 36 Protiskluzový plech [25]

d) Uchycení pracovního koše k výložníku:

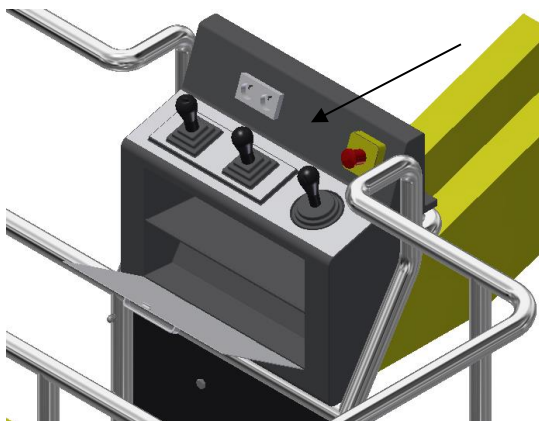
Pracovní koš je uchycen na držáku, který plní funkci nosné konstrukce koše. Držák je svařen z ocelových profilů a tyčí. Celý koš i s držákem je uchycen pomocí čepu na konci výložníku. Na druhém čepu je uchycen přímočarý hydromotor, který natáčí koš do stálé vodorovné polohy.



Obr. 37 Uchycení pracovního koše k výložníku

e) Ovládací panel:

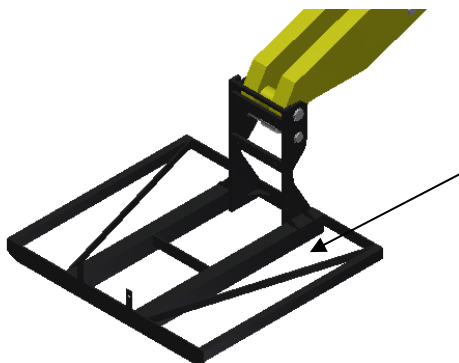
Ovládací panel je umístěn tak, aby v prostoru pracovní plošiny nijak nepřekážel, tzn. že je mimo oblast pracovního prostoru. Pro ovládání pracovní plošiny jsou zde tři ovládací páky. Dvě menší páky ovládají pojezd podvozku a otáčení plošiny. Jedna větší páka ovládá pohyb výložníku. Na ovládacím panelu jsou umístěny dvě zásuvky na 230 V pro připojení ručního elektrického nářadí. Ovládací panel obsahuje praktickou uzavíratelnou skříňku na odkládání menšího nářadí.



Obr. 38 Ovládací panel

f) Držák:

Pracovní koš je umístěn na držáku, který nese hmotnost koše a je spojený s koncem výložníku pomocí čepu jak již bylo zmíněno v této kapitole v bodě d). Držák je svařený z ocelových profilů a tyčí z materiálu ČSN 11 523 dle [26]. Váhu celého koše nesou dva středové nosníky z obdélníkového uzavřeného profilu. Tyto dva nosníky jsou dimenzovány, aby unesly váhu koše i se zatížením. Ostatní vodorovné profily a tyče slouží pro stabilizaci a zamezení kroucení držáku.



Obr. 39 Držák



7.5 FUNKČNÍ A PEVNOSTNÍ VÝPOČTY

S ohledem na rozsah této bakalářské práce je proveden zjednodušený výpočet nosné konstrukce pracovního koše. Výpočet je prováděn pro ideální podmínky, kdy je maximální zatížení rovnoměrně rozloženo po celé ploše podlahy koše. Není prováděn výpočet, kdy je maximální zatížení nerovnoměrně rozloženo. Například pouze na jedné straně pracovního koše.

- Materiál držáku: ČSN 11 523 dle [26].
- Volba svařovací elektrody:
 - Elektroda pro materiál ČSN 11 523 dle [29].
 - Obalovaná elektroda E 52.33 ČSN 05 5030
 - Mez pevnosti: $R_m = 520 \text{ MPa}$
 - Mez kluzu: $R_e = \text{min. } 355 \text{ MPa}$
- Dovolená napětí svarů elektrodou E 52.33 dle [16]:
 - Tah: $\sigma_D = R_e \cdot 0,5 = 355 \cdot 0,5 = 177,5 \text{ MPa}$ (1)
 - Smyk: $\tau_D = R_e \cdot 0,4 = 355 \cdot 0,4 = 142 \text{ MPa}$ (2)
 - Ohyb: $\sigma_D = R_e \cdot 0,6 = 355 \cdot 0,6 = 213 \text{ MPa}$ (3)
 - Otlačání: $\sigma_D = R_e \cdot 0,9 = 355 \cdot 0,9 = 319,5 \text{ MPa}$ (4)

Maximální zatížení pracovní plošiny je 350 kg. Hmotnosti jednotlivých částí pracovního koše jsou:

Hmotnost koše:	190	kg
- Zábradlí:	35,3	kg
- Ovládací panel:	10	kg
- Spodek koše:	82,4	kg
- Podlaha:	60	kg

Hmotnost držáku:	129	kg
- Obdélníkový profil uzavřený:	15	kg
- Celá spodní část:	80	kg
- Svislé boční nosné profily:	28	kg
- Vodorovné tyče:	7	kg
- Návary pro čepy:	13,4	kg

Celková váha pracovního koše:	319	kg
-------------------------------	-----	----

7.5.1 SÍLA PŮSOBÍCÍ NA NOSNÍK DRŽÁKU

Zatížení nosníku držáku je plošné spojité. Vycházíme z předpokladu, kdy je toto zatížení rovnoměrně rozloženo po celé ploše podlahy koše. Jedná se o výpočtové zjednodušující předpoklady s ohledem na doporučený rozsah bakalářské práce.

- Délka nosníku: $l = 980 \text{ mm}$
- Šířka podlahy koše: $b = 2000 \text{ mm}$

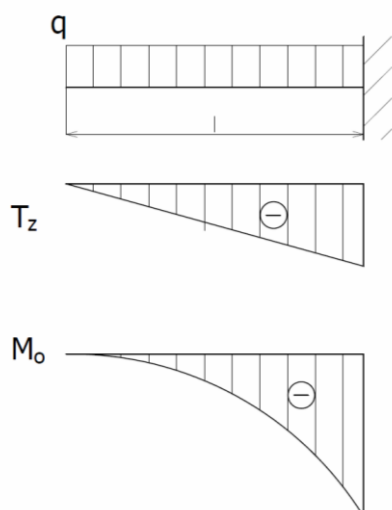
Plošné spojité zatížení působící na nosník:

$$q = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{m \cdot g}{l \cdot b} = \frac{(m_{\text{max.zatížení}} + m_{\text{koš}}) \cdot g}{l \cdot b} = \frac{(350 + 190) \cdot 9,81}{0,980 \cdot 2,000} \quad (5)$$

$$q = 28164 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

Nahrazení spojitého zatížení silou F_1 :

$$F_1 = q \cdot S = q \cdot l \cdot b = 28164 \cdot 0,980 \cdot 2,000 = 55201 \text{ N} \quad (6)$$



Obr.40 VVU – výsledné vnitřní účinky na nosníku

7.5.2 VOLBA MATERIÁLU DRŽÁKU

Volba materiálu vhodného ke svařování.

- Materiál: ČSN 11 523 dle [26].
- Mez pevnosti: $R_m = (510 - 680)$ MPa
- Mez kluzu: $R_e = \text{min. } 355$ MPa

Dovolená napětí materiálu ČSN 11 523 dle [16]:

$$\text{Tah: } \sigma_D = R_e \cdot 0,5 = 355 \cdot 0,5 = 177,5 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$\text{Smyk: } \tau_D = R_e \cdot 0,4 = 355 \cdot 0,4 = 142 \text{ MPa} \quad (8)$$

$$\text{Ohyb: } \sigma_D = R_e \cdot 0,6 = 355 \cdot 0,6 = 213 \text{ MPa} \quad (9)$$

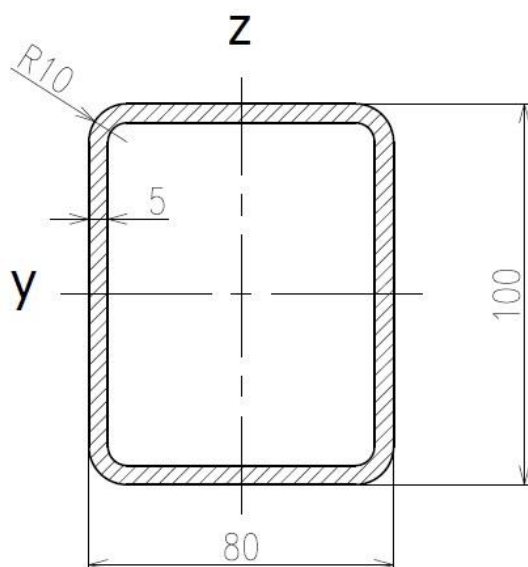
$$\text{Otlačení: } \sigma_D = R_e \cdot 0,9 = 355 \cdot 0,9 = 319,5 \text{ MPa} \quad (10)$$

7.5.3 VOLBA PRŮŘEZU NOSNÍKU

Volíme průřez nosníku RHS 100x80x5 dle [27].

Průřezový modul v ohybu:

$$W_{oy} = 45\,200 \text{ mm}^3$$



Obr. 41 Průřez nosníku



7.5.4 KONTROLA NOSNÍKU NA OHYB

Nosník je namáhán na ohyb.

Maximální ohybový moment:

$$M_{omax} = F_1 \cdot l = 55201 \cdot 980 = 5409685 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (11)$$

Napětí v ohybu dle [16]:

$$\sigma_o = \frac{\frac{F_1}{2} \cdot l}{W_{oy}} = \frac{\frac{55201}{2} \cdot 980}{45200} = 29,9 \text{ MPa} \quad (12)$$

Výsledné ohybové napětí je menší než dovolené $\sigma_o < \sigma_D = 177,5 \text{ MPa}$. Nosník na ohyb vyhovuje.

7.5.5 KONTROLA SVARŮ 1

Svary jsou namáhány na krut.

Plošné spojitě zatížení působící na nosníku:

- Délka nosníku: $l = 980 \text{ mm}$
- Šířka podlahy koše: $b = 2000 \text{ mm}$

Zatížení svarů:

$$q = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{m \cdot g}{l \cdot b} = \frac{(m_{\text{max.zatížení}} + m_{\text{koš}} + m_{\text{celá spodní část}}) \cdot g}{l \cdot b} \quad (13)$$

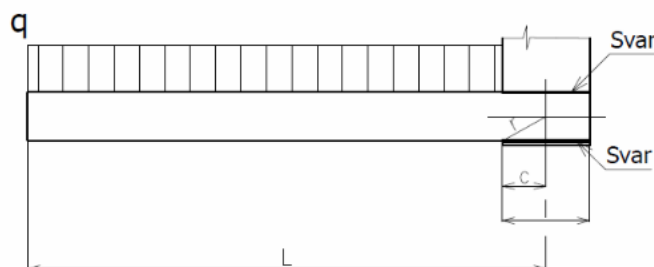
$$q = \frac{(350 + 190 + 80) \cdot 9,81}{0,980 \cdot 2,000} = 3217 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

Nahrazení spojitěho zatížení silou F_2 :

$$F_2 = q \cdot l \cdot b = 3217 \cdot 0,98 \cdot 2 = 6305 \text{ N} \quad (14)$$

Rozměry:

- $L = 1070 \text{ mm}$
- $r = 103 \text{ mm}$
- $z = 5 \text{ mm}$
- $l = 180 \text{ mm}$
- $c = 90 \text{ mm}$
- šířka nosníku: $b = 80 \text{ mm}$
- výška nosníku: $h = 100 \text{ mm}$



Obr. 42 Rozměry svarů 1

Smykové napětí související s posouvající silou dle [16]:

$$\tau' = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_2}{2}}{0,707 \cdot z \cdot 2 \cdot l} = \frac{\frac{6305}{2}}{0,707 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 180} = 2,5 \text{ MPa} \quad (15)$$

Smykové napětí související s působením kroutícího momentu dle [16]:

$$\tau'' = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M \cdot r}{J_p} = \frac{\frac{F_2}{2} \cdot L \cdot r}{J_p} = \frac{\frac{F_2}{2} \cdot L \cdot r}{0,707 \cdot z \cdot J_{pu}} = \frac{\frac{6305}{2} \cdot 1070 \cdot 103}{0,707 \cdot 5 \cdot 1872000} \quad (16)$$

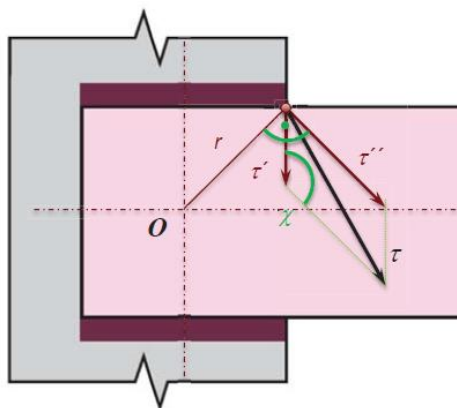
$$\tau'' = 52,5 \text{ MPa}$$

Jednotkový polární kvadratický moment průřezu dle [16]:

$$J_{pu} = \frac{(l+h)^3}{6} - \frac{h(3l^2+h^2)}{6} \quad (17)$$

$$J_{pu} = \frac{(180+100)^3}{6} - \frac{100 \cdot (3 \cdot 180^2 + 100^2)}{6}$$

$$J_{pu} = 1872000 \text{ mm}^3$$



Obr. 43 Namáhání svarů krutem [16]

Celkové smykové namáhání svarů dle [16]:

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2 - 2 \cdot \tau' \cdot \tau'' \cdot \cos \psi} \quad (18)$$

$$\tau = \sqrt{2,5^2 + 52,5^2 - 2 \cdot 2,5 \cdot 52,5 \cdot \cos(135^\circ)}$$

$$\tau = 55 \text{ MPa}$$

Výsledné smykové napětí je menší než dovolené: $\tau < \tau_D = 142 \text{ MPa}$. Svary na namáhání krutem vyhovují.

7.5.6 KONTROLA SVISLÝCH BOČNÍCH NOSNÝCH PROFILŮ

Boční nosné profily jsou namáhány na tah.

Rozměry profilů:

- $a = 20 \text{ mm}$
- $b = 60 \text{ mm}$

Průřez jednoho profilu:

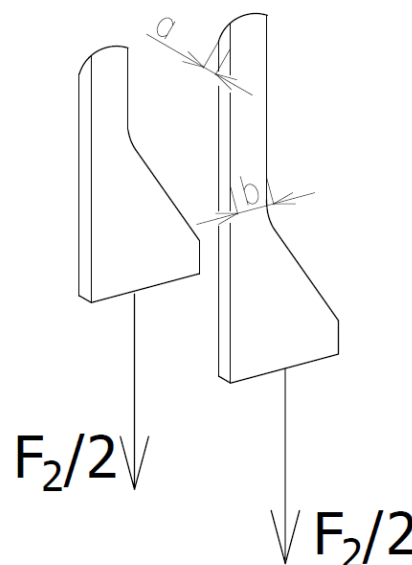
$$S = a \cdot b = 1200 \text{ mm}^2 \quad (19)$$

Napětí v tahu dle [16]:

$$\sigma_t = \frac{\frac{F_2}{2}}{S} = \frac{\frac{6305}{2}}{1200} = 2,6 \text{ MPa} \quad (20)$$

Výsledné napětí v tahu je menší než dovolené:

$\sigma_t < \sigma_D = 177,5 \text{ MPa}$. Tyče na tah vyhovují.



Obr. 44 Svislé boční nosné profily

7.5.7 KONTROLA SVARŮ 2

Svary jsou namáhané na tah.

K zatěžující síle F_2 připočteme hmotnost svislých a vodorovných tyčí.

Zatížení svarů:

$$F_3 = F_2 + \left((m_{\text{svislé tyče}} + m_{\text{vodorovné tyče}}) \cdot 9,81 \right) \quad (21)$$

$$F_3 = 6305 + ((28 + 7) \cdot 9,81) = 6648 \text{ N}$$

Rozměry:

- $l = 380 \text{ mm}$
- $z = 5 \text{ mm}$

Namáhání svarů na tah dle [16]:

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_3}{2}}{0,707 \cdot z \cdot 2 \cdot l} = \frac{\frac{6648}{2}}{0,707 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 380} = 1,2 \text{ MPa} \quad (22)$$

Výsledné smykové napětí je menší než dovolené $\tau < \tau_D = 142 \text{ MPa}$. Svary vyhovují.



Obr. 45 Namáhání svarů 2

7.5.8 VOLBA MATERIÁLU ČEPU

Volíme konstrukční ocel ČSN 11 600 dle [26].

- Mez pevnosti: $R_m = (590 - 710) \text{ MPa}$
- Mez kluzu: $R_e = \text{min. } 325 \text{ MPa}$
- Dovolená napětí materiálu ČSN 11 600 dle [16]:

$$\text{Tah: } \sigma_D = R_e \cdot 0,5 = 325 \cdot 0,5 = 162,5 \text{ MPa} \quad (23)$$

$$\text{Smyk: } \tau_D = R_e \cdot 0,4 = 325 \cdot 0,4 = 130 \text{ MPa} \quad (24)$$

$$\text{Ohyb: } \sigma_D = R_e \cdot 0,6 = 325 \cdot 0,6 = 195 \text{ MPa} \quad (25)$$

$$\text{Otláčení: } \sigma_D = R_e \cdot 0,9 = 325 \cdot 0,9 = 292,5 \text{ MPa} \quad (26)$$

7.5.9 VOLBA PRŮMĚRU HLAVNÍHO ČEPU

Čep je namáhán na smyk, otláčení a ohyb.

K zatěžující síle F_3 připočteme hmotnost návarů pro čepy:

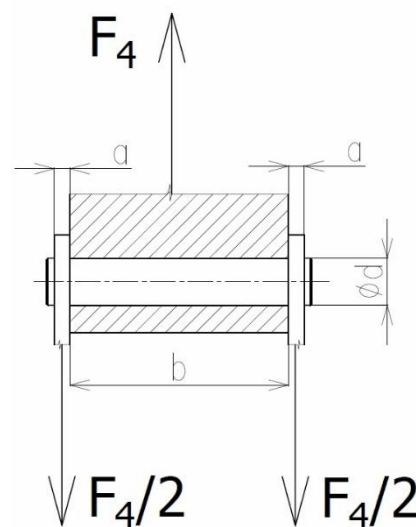
Zatížení čepu:

$$F_4 = F_3 + (m_{\text{návary pro čepy}} \cdot 9,81) \quad (27)$$

$$F_4 = 6648 + (13,4 \cdot 9,81) = 6780 \text{ N}$$

Předběžná volba rozměrů čepu:

- $d = 60 \text{ mm}$
- $b = 278 \text{ mm}$
- $a = 20 \text{ mm}$



Obr. 46 Namáhání hlavního čepu

Kontrola čepu na smyk dle [29]:

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F_4}{2 \cdot S} = \frac{4 \cdot F_4}{2 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot F_4}{\pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot 6780}{\pi \cdot 60^2} = 1,2 \text{ MPa} \quad (28)$$

Smykové napětí je menší než dovolené $\tau < \tau_D = 130 \text{ MPa}$. Čep na smyk vyhovuje.

Tlak ve vidlici dle [29]:

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{F_4}{2 \cdot d \cdot a} = \frac{6780}{2 \cdot 60 \cdot 20} = 2,8 \text{ MPa} \quad (29)$$

Tlak ve vidlici je menší než dovolený $p_1 < p_D = 292,5 \text{ MPa}$. Vidlice na otláčení vyhovuje.

Tlak v táhle dle [29]:

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{F_4}{d \cdot b} = \frac{6780}{60 \cdot 278} = 0,4 \text{ MPa} \quad (30)$$

Tlak v táhle je menší než dovolený $p_2 < p_D = 292,5 \text{ MPa}$. Táhlo na otláčení vyhovuje.

Kontrola čepu na ohyb dle [29]:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{4 \cdot F_4 \cdot (b + 2 \cdot a)}{\pi \cdot d^3} = \frac{4 \cdot 6780 \cdot (278 + 2 \cdot 20)}{\pi \cdot 60^3} = 12,7 \text{ MPa} \quad (31)$$

Napětí v ohybu je menší než dovolené $\sigma < \sigma_D = 195 \text{ MPa}$. Čep na ohyb vyhovuje.

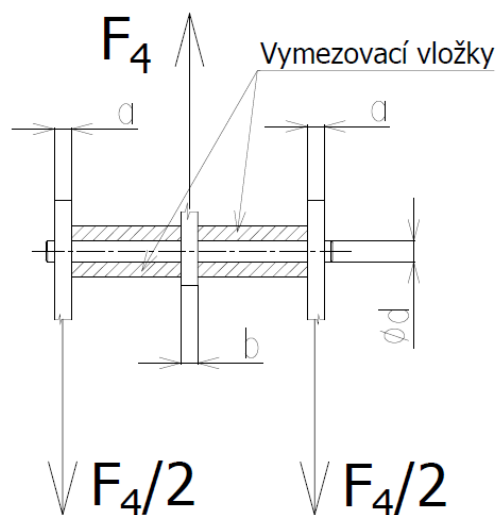
7.5.10 VOLBA PRŮMĚRU ČEPU PRO UCHYCENÍ PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Čep je namáhán na smyk, otláčení a ohyb.

Zatížení je stejné jako pro hlavní čep uchycení koše, tento čep ale není tolik dimenzovaný jako čep hlavní, protože slouží pouze k natáčení koše, nikoli pro únosnost celého koše.

Předběžná volba rozměrů čepu:

- $d = 25 \text{ mm}$
- $b = 20 \text{ mm}$
- $a = 20 \text{ mm}$



Obr. 47 Namáhání čepu přímočarého hydromotru

Kontrola čepu na smyk dle [13][29]:

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F_4}{2 \cdot S} = \frac{4 \cdot F_4}{2 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot F_4}{\pi \cdot d^2} \quad (32)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 6780}{\pi \cdot 25^2} = 6,9 \text{ MPa}$$

Smykové napětí je menší než dovolené $\tau < \tau_D = 130 \text{ MPa}$. Čep na smyk vyhovuje.

Tlak ve vidlici dle [29]:

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{F_4}{2 \cdot d \cdot a} = \frac{6780}{2 \cdot 25 \cdot 20} = 6,78 \text{ MPa} \quad (33)$$

Tlak ve vidlici je menší než dovolený $p_1 < p_D = 292,5 \text{ MPa}$. Vidlice na otláčení vyhovuje.

Tlak v táhle dle [29]:

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{F_4}{d \cdot b} = \frac{6780}{25 \cdot 20} = 13,56 \text{ MPa} \quad (34)$$

Tlak v táhle je menší než dovolený $p_2 < p_D = 292,5 \text{ MPa}$. Táhlo na otlačení vyhovuje.

Kontrola čepu na ohyb dle [29]:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{4 \cdot F_4 \cdot (b + 2 \cdot a)}{\pi \cdot d^3} = \frac{4 \cdot 6780 \cdot (20 + 2 \cdot 20)}{\pi \cdot 25^3} = 41,44 \text{ MPa} \quad (35)$$

Napětí v ohybu je menší než dovolené $\sigma < \sigma_D = 195 \text{ MPa}$. Čep na ohyb vyhovuje.

7.5.11 KONTROLA NEBEZPEČNÝCH PRŮŘEZŮ

Rozměry:

- $d = 60 \text{ mm}$
- $a = 20 \text{ mm}$
- $w = 150 \text{ mm}$
- $c = 60 \text{ mm}$

Napětí v tahu:

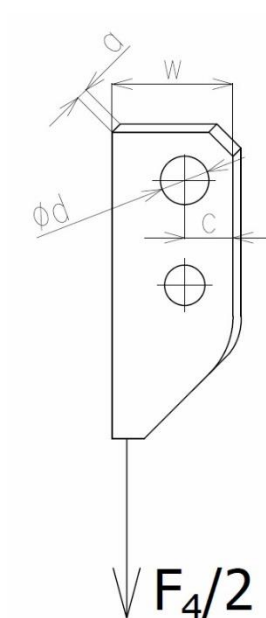
$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_4}{2}}{\frac{6780}{2}} = \frac{\frac{6780}{2}}{(30 \cdot 20) + (60 \cdot 20)} = 1,9 \text{ MPa} \quad (36)$$

Volba součinitele tvaru α dle [16]:

$$\frac{d}{w} = \frac{60}{150} = 0,4 \quad (37)$$

$$\frac{h}{w} = \frac{60}{150} = 0,4 \quad (38)$$

$$\alpha = 3$$



Obr. 47 Namáhání nebezpečných průřezů

Výsledné napětí:

$$\sigma = \sigma_t \cdot \alpha = 1,9 \cdot 3 = 5,6 \text{ MPa} \quad (39)$$

Výsledné napětí je menší než dovolené $\sigma < \sigma_D = 177,5 \text{ MPa}$.

Vypočtená napětí ve všech případech počítaných výše jsou nízká. Lze tedy oprávněně předpokládat, že i při nerovnoměrném zatížení pracovní plošiny nebudou dovolené hodnoty namáhání překročeny.

7.5.12 VOLBA PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Přímočarý hydromotor musí být dvoučinný, aby mohl pracovat v obou směrech.

Předběžně volíme přímočarý hydromotor z řady ZH2 od firmy Hydraulics s.r.o. dle [28].

Parametry řady ZH2:

- maximální pracovní tlak: $p_{max} = 25 \text{ MPa}$
- jmenovitý pracovní tlak: $p_{jmenovitý} = 20 \text{ MPa}$

Tlak na pístnici:

$$p = \frac{F}{S_v}, \quad S_v - \text{plocha válce} \quad (40)$$

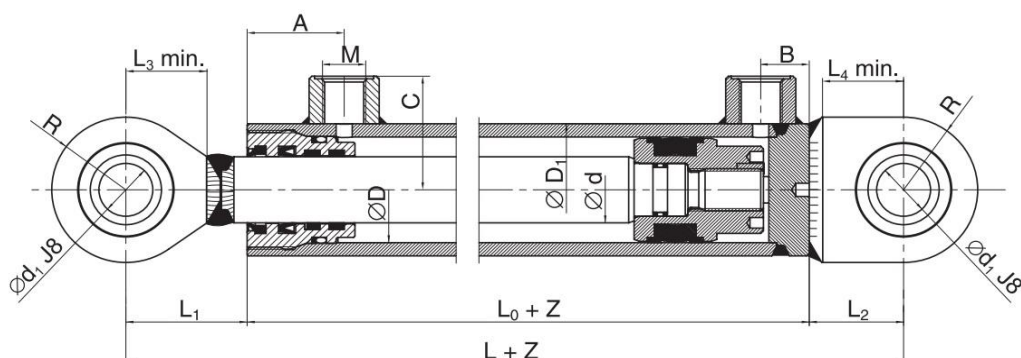
$$S_v = \frac{F}{p} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4}, \quad D_p - \text{průměr pístnice} \quad (41)$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p_{jmenovitý}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6780}{\pi \cdot 20}} = 20,8 \text{ mm} \quad (42)$$

Minimální průměr pístnice vyšel dle rovnice (41) 20,8 mm. Ovšem průměr čepu pro uchycení válce je v kap. 7.5.10 vypočítaný 25 mm. Z tohoto důvodu volíme hydromotor s rozměry dle tab. 5.

Tab. 5 Rozměry přímočarého hydromotoru dle [28]

Průměr pístnice	d	32 mm
Vnější průměr válce	D ₁	70 mm
Vnitřní průměr válce	D	55 mm
Průměr otvoru pro čep	d ₁	25 mm
Minimální vzdálenost středů ok	L	215 mm
Maximální doporučený zdvih	Z	370 mm



Obr. 48 přímočarý hydromotor [28]

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce obsahuje rozbor konstrukce kloubových pracovních plošin, vysvětlení jednotlivých termínů týkajících se těchto plošin, základní rozdělení pracovních plošin, typy pohonů a rozbor hydraulických systémů, které jsou používány u těchto strojů.

Cílem této práce byla kritická rešerše současných koncepčních řešení kloubových pracovních plošin. Kloubové pracovní plošiny byly rozděleny do tří skupin: s elektrickým motorem, vznětovým motorem a automobilové. V této rešerši byli vybráni čtyři současní světový výrobci a od těchto výrobců byli vybráni patřiční zástupci. Jednotliví zástupci byli podrobně popsáni pomocí jejich parametrů. Dále práce obsahuje vyhodnocení a porovnání jednotlivých vybraných zástupců pracovních plošin. V této části jsou uvedeny základní parametry zvolených plošin a na tomto základě je vybrána nejlepší plošina z každé ze tří skupin s podrobným popisem v čem je horší nebo naopak lepší konkurence.

Dále jsou v této práci uvedeny tři různé varianty uchycení pracovních košů pro kloubové pracovní plošiny, včetně volby jednotlivých parametrů zábradlí atd.

Práce obsahuje návrh pracovního koše kloubové pracovní plošiny včetně funkčních a pevnostních výpočtů nosné konstrukce koše. Tyto výpočty jsou s ohledem na doporučený obsah bakalářské práce zjednodušeny pouze pro ideální stav plošného spojitého zatížení, kdy toto zatížení působí rovnoměrně po celé ploše pracovního koše. Ve výpočtech vychází výsledná napětí dostatečně nízká a lze předpokládat, že i při neideálním stavu nerovnoměrného zatížení nebudou dovozené hodnoty napětí překročeny. V práci je také uveden výpočet a volba přímočarého hydromotoru a výkresová dokumentace navrženého pracovního koše.

Pracovní koš má dle zadání maximální nosnost 350 kg. Navržená nosná konstrukce je dimenzována až na čtyřnásobek této hmotnosti.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] HA 20 RTJ « SICO. *SICO Rent / Pronájem a servis pracovních plošin SICO* [online]. Dostupné z: <http://www.sico.cz/plosiny/ha-20-rtj/>
- [2] ELFOB - Technika. *ELFOB - Hlavní strana* [online]. Dostupné z: <http://www.elfob.cz/technika.html>
- [3] Pracovní plošiny STATECH prodej, servis a pronájem plošin, montážní plošiny | plošiny STATECH s.r.o. - bezpečně do výšky... | www.statech.cz. *Pracovní plošiny STATECH prodej, servis a pronájem plošin, montážní plošiny | plošiny STATECH s.r.o. - bezpečně do výšky... | www.statech.cz* [online]. Copyright © [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <http://www.statech.cz/www.dinolift.com>
- [4] Access Equipment For Sale Australia Wide - United Equipment. *Forklifts & Access Equipment / Hire, For Sale & Used - Australia Wide* [online]. Copyright © 2017 United Equipment. All Rights Reserved [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <http://www.unitedequipment.com.au/access-equipment/page/2/>
- [5] Kloubové pracovní plošiny – Půjčovna strojů a nářadí MitopHB. *Půjčovna strojů a nářadí MitopHB – Jihlava, Havlíčkův Brod, Žďár nad Sázavou, Čáslavi* [online]. Copyright © [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <https://www.mitophb.cz/montazni-plosiny/kloubove-pracovni-plosiny/>
- [6] Nissan CELA DT 21 - metrů - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysoko zdvižné, autoplošiny - pronájem, půjčovna. *Montážní plošiny pronájem Praha - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysoko zdvižné, autoplošiny - pronájem, půjčovna* [online]. Copyright © 2013 [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: http://www.montazniplosinystrach.cz/?en_nissan-cela-dt-21-metru,14
- [7] Hydraulický válec. *Hydraulický válec* [online]. Copyright © CS Technika s.r.o. [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <http://www.hydraulicky-valec.cz>
- [8] ČSN EN 280 (275004) A. Pojízdné zdvihací pracovní plošiny - Konstrukční výpočty - Kritéria stability - Konstrukce - Bezpečnost - Přezkoušení a zkoušky. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014
- [9] ČSN 74 3305 (743305) A. *Ochranná zábradlí*. Praha : Český normalizační institut, 2008
- [10] Multicar MP - 10 metrů - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysoko zdvižné, autoplošiny - pronájem, půjčovna. *Montážní plošiny pronájem Praha - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysoko zdvižné, autoplošiny - pronájem, půjčovna* [online]. Copyright © 2013 [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: http://www.montazniplosinystrach.cz/?en_multicar-mp-10-metru,13inreka-plosiny.cz



- [11] HA 12 CJ+ | Samohybné kloubové plošiny | Vondrášek - pracovní plošiny PŘÍBRAM, DOBŘÍŠ, PRAHA... . *O nás / Vondrášek - pracovní plošiny PŘÍBRAM, DOBŘÍŠ, PRAHA...* [online]. Dostupné z: <http://www.vondrasek.eu/samohybne-kloubove-plosiny/ha-12-cj-plus.php>
- [12] CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o. - velkobchod s hutním materiálem. [online]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/cz/>
- [13] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2004. ISBN 8071833126.
- [14] Zdvihadlo – Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zdvihadlo>
- [15] Pracovní plošina – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pracov%C3%AD_plo%C5%A1ina
- [16] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE, Richard G. (Richard Gordon) BUDYNAS, Martin HARTL a Miloš VLK. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTUM, 2010, xxv, 1159 s. : il. ; 26 cm. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [17] Man Ruthmann MP - 31 metrů - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysokozdvížné, autoplošiny - pronájem, půjčovna. *Montážní plošiny pronájem Praha - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysokozdvížné, autoplošiny - pronájem, půjčovna* [online]. Copyright © 2013 [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: http://www.montazniplosinystrach.cz/?en_man-ruthmann-mp-31-metru,25
- [18] Knuckle Boom Lifts. [online]. Copyright © 2017 [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <http://www.wantaccess.com.au/knuckle-boom-lifts/>
- [19] Cannon Access boom lift genie Z51 30J RT for hire. *Boom lifts, cherry pickers, scissor lifts for hire from Cannon Access based in Essex* [online]. Dostupné z: http://www.cannonaccess.co.uk/genie_z51_30_rt.php
- [20] Samohybné kloubové plošiny | Vondrášek - pracovní plošiny PŘÍBRAM, DOBŘÍŠ, PRAHA... . *O nás / Vondrášek - pracovní plošiny PŘÍBRAM, DOBŘÍŠ, PRAHA...* [online]. Dostupné z: <http://www.vondrasek.eu/kloubove-plosiny.php>
- [21] Dinolift, cherry picker, boom lift, aerial work platform mewp, self-propelled lift - Dinolift. *Dinolift, cherry picker, boom lift, aerial work platform mewp, self-propelled lift - Dinolift* [online]. Dostupné z: <https://www.dinolift.com/>
- [22] HAULOTTE: nacelle élévatrice, chariot télescopique et engin de manutention. *HAULOTTE: nacelle élévatrice, chariot télescopique et engin de manutention* [online]. Dostupné z: <http://www.haulotte.com/>
- [23] JLG. *JLG lifts* [online]. Dostupné z: <https://www.jlg.com/en>



-
- [24] Home - Genie. *Genie Global Landing Page* [online]. Copyright © 2017 Terex Corporation. All Rights Reserved. [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <http://www.genielift.com/en/>
- [25] Protiskluzový plech. *Ferona velkoobchod s hutním materiálem* [online]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=27896>
- [26] CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o. - velkoobchod s hutním materiálem. [online]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/cz/>
- [27] Ocelar Home Page - My ASP.NET Application. [online]. Dostupné z: <http://www.steelcalc.com/cs/>
- [28] Hydraulické válce, přesné trubky, chromované tyče - HYDRAULICS s.r.o.. *Hydraulické válce, přesné trubky, chromované tyče - HYDRAULICS s.r.o.* [online]. Copyright © 2011 hydraulics.cz [cit. 27.04.2017]. Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/>
- [29] VÁVRA, Pavel a kol. *Strojnické tabulky: pro střední průmyslové školy strojnické*. 2. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, N. P., 1983.
- [30] Samohybné kloubové plošiny | Vondrášek - pracovní plošiny PŘÍBRAM, DOBŘÍŠ, PRAHA... . *O nás / Vondrášek - pracovní plošiny PŘÍBRAM, DOBŘÍŠ, PRAHA...* [online]. Dostupné z: <http://www.vondrasek.eu/kloubove-plosiny.php>
- [31] Pracovní plošiny na automobilovém podvozku - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysokozdvizné, autoplošiny - pronájem, půjčovna. *Montážní plošiny Praha - Plošiny zvedací, montážní, pracovní, vysokozdvizné, autoplošiny - pronájem, půjčovna* [online]. Copyright © 2013 [cit. 28.04.2017]. Dostupné z: http://www.montazniplosinystrach.cz/?en_pracovni-plosiny-na-automobilovem-podvozku,7
- [32] Genie AWP-20S Aerial Narrow Base Work Platform 20' - DC Powered | Industrial Products. *Industrial Products, Supplies, and Protective Industrial Equipment / Industrial Products* [online]. Dostupné z: <http://www.industrialproducts.com/genie-awp-20s-aerial-narrow-base-work-platform-20-dc-powered.html>
- [33] Vysokozdvizné plošiny » APB Plzeň - zemní práce, demolice, doprava a přeprava, autojeřáby. *APB Plzeň » APB Plzeň - zemní práce, demolice, doprava a přeprava, autojeřáby* [online]. Copyright © 2017 [cit. 11.05.2017]. Dostupné z: <http://www.apb-plzen.cz/vysokozdvizne-plosiny>
- [34] Arbeitsbühnen mieten in Nordrhein-Westfalen | HKL BAUMASCHINEN - Mieten - Kaufen - Service - Deutschlands führender Baumaschinen-Mietpark . *HKL BAUMASCHINEN - Mieten - Kaufen - Service - Deutschlands führender Baumaschinen-Mietpark* [online]. Copyright © Copyright 2017 HKL BAUMASCHINEN [cit. 11.05.2017]. Dostupné z: <https://www.hkl-baumaschinen.de/arbeitsbuehnen-mieten-nordrhein-westfalen>



SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

D_p	[mm]	průměr hydraulického pístu
F	[N]	síla
g	[m.s ⁻²]	gravitační zrychlení
J_p	[mm ⁴]	polární kvadratický moment průřezu
J_{pu}	[mm ³]	jednotkový polární kvadratický moment průřezu
m	[kg]	hmotnost
M_k	[N.m]	krouťící moment
M_o	[N.m]	ohybový moment
p	[Pa]	tlak
q	[N.m ⁻²]	plošné spojitě zatížení
R_e	[MPa]	mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti
S	[m ²]	obsah
S_v	[mm ²]	plocha válce
W_k	[mm ³]	průřezový modul v krutu
W_{oy}	[mm ³]	průřezový modul v ohybu
z	[mm]	šířka svaru
α	[-]	součinitel tvaru
σ_o	[MPa]	ohybové napětí
σ_t	[MPa]	napětí v tahu
τ	[MPa]	smykové napětí
τ'	[MPa]	smykové napětí související s posouvající silou
τ''	[MPa]	smykové napětí související s působením krouťícího momentu



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

4x4	Pohon všech čtyř kol
MEWP	Pojízdná zdvihací pracovní plošina
VVU	Výsledné vnitřní účinky

SEZNAM PŘÍLOH

A2-J/0-17/3/17	Pracovní koš
A3-A/0-17/3/17	Sestava zábradlí
A3-B/0-17/3/17	Sestava spodek
A3-B/1-17/3/17	Okop
A3-D/0-17/3/17	Sestava zarážka
A3-E/0-17/3/17	Sestava koše
A3-F/0-17/3/17	Tyč 1 s návary
A3-G/0-17/3/17	Spodní tyče
A3-H/0-17/3/17	Svislé boční nosné profily
A3-I/0-17/3/17	Držák
A4-E/1-17/3/17	Návar pro čep
K-A/0-17/3/17	Seznam položek sestava zábradlí
K-E/0-17/3/17	Seznam položek sestava koše
K-E/1-17/3/17	Seznam položek návar pro čep
K-G/0-17/3/17	Seznam položek spodní tyče
K-H/0-17/3/17	Seznam položek svislé boční nosné profily
K-I/0-17/3/17	Seznam položek držák